

APTITUD COMBINATORIA EN RAZAS DE MAÍZ MEJORADAS POR RETROCRUZA LIMITADA. I: CARACTERES AGRONÓMICOS

COMBINING ABILITY IN MAIZE RACES BRED BY LIMITED BACKCROSS. I: AGRONOMIC TRAITS

Erasmus Barrera Gutiérrez*, Abel Muñoz Orozco¹, Fidel Márquez Sánchez² y Ángel Martínez Garza³

¹Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, ³Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, Colegio de Postgraduados- Km. 36.5 Carr. México- Texcoco. C. P. 56230 Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01 (595) 952-0262. Correo electrónico: enbgutierrez@hotmail.com ²Centro Regional Universitario de Occidente, Universidad Autónoma Chapingo. Manuel M. Diéguez 113, S/H. C.P. 44680. Guadalajara Jal., Tel y Fax: 01(333) 615-1729.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Entre las razas de maíz (*Zea mays* L.) existen diferencias en características agronómicas que fueron desarrolladas evolutivamente en diferentes sitios geográficos. Al cruzar las razas se manifiestan diferentes aptitudes combinatorias. En este estudio muchas de las razas usadas son de porte alto, lo cual propicia el acame. El objetivo de este estudio fue determinar la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), de ocho caracteres agronómicos en diez poblaciones de maíz. Se hicieron las cruza posibles entre diez poblaciones mejoradas por retrocruza limitada RC1-F7, y se evaluaron en tres localidades en condiciones de riego; la información se analizó mediante el modelo 2 de Griffing. La variabilidad de la ACG se redujo, y más aún la ACE. Se detectó convergencia hacia el tipo de planta de las variedades comerciales, lo que redundó en igualdad del rendimiento entre las 45 cruza e igualdad con la mayoría de los progenitores. Se sugiere entonces restituir la diversidad de los efectos de ambas aptitudes combinatorias y adoptar la autofecundación en vez de los cruzamientos fraternales.

Palabras clave: *Zea mays* L., altura de planta, precocidad, efectos aditivos, efectos no aditivos.

SUMMARY

Among maize races (*Zea mays* L.) there are agronomic differences that were developed through evolution in different geographic sites. when races are crossed differences in combining ability appear. Most races used in this study are tall, a trait associated with root and stalk lodging. In this research we estimated the general and specific combining ability (GCA and SCA), of ten maize population regarding eight agronomics traits. The diallelic crosses were made among ten maize landrace populations bred by the limited backcross method (RC1-F7), and then evaluated under irrigation in three locations; data were analysed according to Griffing's Model 2. The combining ability was reduced, most particularly the SCA. We detected convergence towards the commercial plant type. So that yield was similar among the 45 crosses and among parents. Therefore, we suggest to restore the genetic diversity both in the general and specific combining ability effects, and to substitute the fraternal crosses by self pollination.

Index words: *Zea mays* L., plant height, earliness, additive effects, non additive effects.

INTRODUCCIÓN

En México se ha reportado alta heterosis en cruzamientos hechos entre maíces (*Zea mays* L.) de zonas tropicales, de El Bajío y de la Mesa Central (Covarrubias, 1960). En un estudio de las cruza posibles entre 25 razas de maíz se encontró heterosis en rendimiento hasta de 200 % en la cruza Cacahuacintle x Reventador, pero en la mayoría de las cruza los valores oscilaron entre 20 y 40 % (Crossa *et al.*, 1990). A pesar de que existe información desde hace 40 años, el aprovechamiento de la heterosis entre razas ha sido escaso debido a que las cruza carecen de las características agronómicas deseables (uniformidad, porte bajo de planta y resistencia al acame) que se requieren en la agricultura moderna.

El método de retrocruza se ha utilizado ampliamente para: introducir diferentes dosis de germoplasma exótico e incrementar la frecuencia de genes favorables con acción aditiva para el rendimiento de grano (Sánchez *et al.*, 1973); determinar la proporción óptima de germoplasma exótico para un mejor desarrollo (Michellini y Hallauer, 1993); y valorar el uso potencial del germoplasma exótico en el mejoramiento de líneas y poblaciones adaptadas. Para aprovechar el potencial genético de las cruza con material exótico, es necesario controlar los genes de inadaptación mediante un programa de cruza regresivas hacia los materiales locales (Molina, Com. Personal)¹ o sustituir en

¹ Dr. José D Molina Galán, Profesor Investigador Emérito. Programa de Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados.

las razas las características indeseables por la deseables, a partir de poblaciones genéticamente mejoradas existentes tales como híbridos o sintéticos (Márquez, 1990).

En las líneas de los híbridos H-2B y H-125, Aguado *et al.* (1965) aplicaron el mejoramiento convergente y después de dos retrocruzas derivaron y seleccionaron líneas, posteriormente formaron cruza simples y dobles que resultaron superiores en rendimiento a las originales, además de ser más resistentes a enfermedades y al acame. Con la retrocruza se tiene las ventajas de asegurar una media de rendimiento alta y un uso más inmediato que con la cruza simple (Crossa y Gardner, 1987); se mejoran las componentes del rendimiento en líneas de maíz, como longitud de mazorca, número de hileras, granos por hilera y el peso de grano; y se mantiene el arquetipo de planta (Ortiz, Com. pers.)², aunque generalmente se ignoran los atributos relativos a los usos alimentarios.

Mediante estudios teóricos, Márquez (1990) mostró que las retrocruzas sucesivas ocasionan reducción gradual de la heterosis hasta llegar a cero, pero que en la generación $RC_1 F_2$ la heterosis aún se mantiene en magnitud apreciable, por lo que el autor sugiere suspender el retrocruzamiento en dicha generación para aprovechar la heterosis. A partir de lo anterior, Márquez (1990) propuso el método llamado retrocruza limitada, que consiste en cruzar variedades mejoradas (donadoras) con variedades nativas, y posteriormente realizar sólo una retrocruza hacia las variedades nativas, y derivar líneas para la formación de híbridos más productivos y con características arquetípicamente ventajosas, como menor altura de planta y más resistencia al acame.

Los efectos de aptitud combinatoria general y específica fueron definidos por Sprague y Tatum (1942), como el comportamiento promedio de un progenitor o línea en combinaciones híbridas, y como la desviación de cada cruzamiento con respecto al comportamiento medio de los progenitores que intervienen en la cruza, respectivamente. Griffing (1956) desarrolló diseños dialélicos para evaluar progenitores, desde líneas endogámicas hasta variedades de amplia base genética. Desde su origen han sido extensamente usados en maíz y otras especies, para estimar efectos de aptitud combinatoria general y específica.

Por la importancia que tiene la aptitud combinatoria en características agronómicas del maíz, el presente estudio se hizo para determinar los efectos de aptitud combinatoria general y específica, en caracteres agronómicos de importancia económica en las cruza posibles de diez po-

blaciones formadas con el método de la retrocruza limitada (RC_1-F_7), a partir de 10 razas de maíz, así como su interacción con el ambiente. Al respecto se postuló que la aptitud combinatoria de los caracteres agronómicos estudiados varía entre poblaciones y sus cruza, así como entre y dentro de localidades, y que la interacción genotipo x ambiente juega un papel importante en el desempeño de los materiales genéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético aquí utilizado se formó a partir de 10 razas de maíz que fueron cruzadas con materiales donantes de características agronómicas deseables; luego se hizo una retrocruza hacia la raza respectiva y se avanzaron (por cruza fraternales) a la generación F_7 ; también se hizo selección para reducir la altura de planta y para recuperar las características morfológicas de la mazorca de la raza original. Se obtuvieron así las 10 poblaciones RC_1-F_7 siguientes: 1) {[Olotillo (Chis 509) x P-3288] RC_1 } F_7 , (**OT**); 2) {[Tepecintle (Ver 3277) x V-531] RC_1 } F_7 , (**TP**); 3) {[Tehua (Chis 768) x B-830] RC_1 } F_7 , (**TE**); 4) {[Comiteco (Guat 1095) x B-830] RC_1 } F_7 , (**CO**); 5) {[Olotón (Oax 5884) x Nicob] RC_1 } F_7 , (**OL**); 6) {[Vandéño (Col 2136) x B-555] RC_1 } F_7 , (**VA**); 7) {[Harinoso de 8 Crist (Son 379) x V-531] RC_1 } F_7 , (**HO**); 8) {[Jala (Nay 7068) x V531] RC_1 } F_7 , (**JA**); 9) {[Tuxpeño (Nay 7052) x B-840] RC_1 } F_7 , (**TU**); y 10) {[Tabloncillo (Jal 309) x V 530] RC_1 } F_7 , (**TA**).

En el ciclo agrícola de otoño-invierno (OI) 2000-2001, se hicieron las cruza posibles entre las 10 poblaciones RC_1-F_7 en el extinto Campo Experimental de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), ubicado en la localidad de Tepalcingo, Mor. Las evaluaciones de las cruza se hicieron durante el ciclo agrícola OI 2001-2002, en tres localidades: Campo Experimental Iguala localizado en Iguala, Gro., perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); en un predio de un productor de El Grullo, Jal.; y en el mencionado Campo Experimental de la PRONASE en Tepalcingo, Mor.

El diseño experimental utilizado fue látice 8 x 8 con tres repeticiones en las primeras dos localidades y con dos repeticiones en la tercera localidad (de esta última sólo se tomaron datos de una repetición debido a que se siniestró la otra). En las tres localidades los experimentos estuvieron formados por las cruza, las poblaciones RC_1-F_7 y los testigos Jaguar y A-7524 de Monsanto, P 3066 y P 3028 de Pioneer, HV-313 y H-358 de INIFAP, poblaciones RC_1-F_7 Celaya, Tabloncillo y Pepitilla de Chapingo. La parcela experimental fue de dos surcos de 5.0 m de longitud, con 0.8 m de separación entre surcos; la densidad de

² Dr. Joaquín Ortiz Cereceres. Profesor Investigador. Programa de Genética, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados.

población fue de 57000 plantas por hectárea, aproximadamente. Los experimentos en las tres localidades se manejaron en condiciones de riego.

Las variables agronómicas medidas fueron: 1) Altura de planta (ALP); 2) Altura de mazorca (ALMZ); 3) Área de la hoja de la mazorca (AHM), estimada con el producto largo por ancho por 0.73; 4) Número de hojas verdes abajo de la mazorca (NHABM), contadas 15 d después de la floración masculina; 5) Número de hojas arriba de la mazorca (NHARM), contadas 15 d después de la floración masculina; 6) Número de días a floración masculina (NDFM); 7) Número de días a floración femenina (NDFF); y 8) Rendimiento de mazorca por parcela (RMZ).

La información se analizó con base en el modelo 2 de Griffing (1956), en el cual se incluyen las cruzas directas F_1 $p(p-1)/2$ y los progenitores. Dicho modelo fue:

$$y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

donde: y_{ijk} = valor fenotípico observado de la cruz i, j en el bloque k ; μ = media general del experimento; g_i, g_j = efectos de la aptitud combinatoria general de los progenitores i y j ; s_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica de la cruz i, j ; y e_{ijk} = efecto aleatorio del error correspondiente a la observación i, j, k .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la localidad de El Grullo la fuente de variación cruza tuvo efectos significativos en todas las variables, excepto en rendimiento (Cuadro 1). En ACG se encontró significancia en alturas de planta y mazorca, área de la hoja de la mazorca, número de hojas arriba de la mazorca, y número de días a floración masculina y femenina. En ACE se detectaron significancias en días a floración masculina, y femenina, alturas de planta y de mazorca, y número de hojas debajo de la mazorca. En Iguala la fuente de variación cruza fue significativo en número de hojas arriba de la mazorca, número de días a floración masculina y femenina; para ACG hubo significancia en la mayoría de las variables, excepto en rendimiento, mientras que para ACE sólo hubo significancia en la variable número de días a floración masculina.

En el análisis combinado (El Grullo, Iguala y Tepalcingo), las fuentes de variación ambientes, cruza, ACG y ACE se detectó significancia en la mayoría de las variables, pero no en el rendimiento de las cruza ni en ACE; en esta última variable tampoco fueron significativas las variables área de la hoja de la mazorca y número de hojas arriba de la mazorca. Los factores cruza, ACG y ACE x

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis por localidad y análisis combinado de cruza dialélicas obtuvieron con el método II de Griffing para ocho caracteres agronómicos en poblaciones RC₁-F₇ de maíz, evaluadas en El Grullo, Iguala y Tepalcingo en el ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

F. V.	GL	RMZ	ALP	ALMZ	AHM	NHAB	NHARM	NDFM	NDFF
El Grullo									
Cruzas	54	1.17	0.03**	0.02**	3688*	0.87*	0.18*	9.63**	11.8**
ACG	9	1.09	0.04*	0.03**	10964**	10.08	0.50**	33.95**	35.0**
ACE	45	1.19	0.03*	0.01*	2232	0.84*	0.11	4.77**	7.1**
Error	108	1.10	0.01	0.01	2455	0.57	0.11	2.46	3.0
CV (%)		17.2	7.3	11.9	10.1	16.4	5.2	1.8	2.0
Iguala									
Cruzas	54	1.177	0.026	0.026	4388	0.18	1.19*	8.97**	9.5**
ACG	9	1.094	0.038*	0.042*	11013*	0.46**	2.15**	30.19**	28.2**
ACE	45	1.193	0.027	0.023	3063	0.13	0.99	4.72*	5.7
Error	108	1.103	0.030	0.019	4317	0.16	0.84	2.9	4.3
CV (%)		17.2	6.7	12.3	10.5	6.3	18.0	2.3	2.7
Combinado (El Grullo, Iguala y Tepalcingo)									
Amb	2	13.56**	21.64**	2.69**	74750.0**	184.3**	139.9**	4445.0**	4275.4**
Cruzas	54	2.00	1.68**	0.035**	5874.0**	0.56*	0.78**	19.2**	18.3**
ACG	9	3.352*	5.90**	0.088**	14.7**	0.85*	1.28**	61.1**	46.1**
ACE	45	1.50	7.32**	0.028**	3.4	0.30	0.70*	8.0**	8.6**
AMBxCruzas	108	1.38	5.13	0.02	2805.0	0.36	0.65*	3.0	43.4
ACG x Amb	9	0.85	0.02	0.016	4.3	0.41	1.24**	1.8	5.6
ACE x Amb	45	1.83	0.03	0.02	2.4	0.46	0.54	3.0	4.9
CV (%)		20.3	6.8	12.1	10.3	10.6	12.7	2.1	2.3

*. ** significativo a 0.05 y 0.01 de probabilidad. RMZ = Rendimiento de mazorca; ALP = Altura de planta; ALMZ = Altura de mazorca; AHM = Área de la hoja de la mazorca; NHABM = Número de hojas abajo de la mazorca; NHARM = Número de hojas arriba de la mazorca; NDFM = Número de días a floración masculina; NDFF = Número de días a floración femenina; CV = Coeficiente de variación

ambiente no mostraron significancia en la mayoría de las variables, excepto para número de hojas arriba de la mazorca en cruza x ambiente y ACG x ambiente. Los coeficientes de variación fueron aceptables, desde 1.84 % en días a floración masculina hasta 17.2 % en rendimiento, en El Grullo. En general, los cuadrados medios de ACG fueron mayores que los de ACE en los caracteres estudiados, lo que indica que la varianza aditiva es de mayor magnitud que la de dominancia; resultados similares fueron encontrados por Villanueva *et al.* (1994).

Aptitud combinatoria general

En altura de planta y altura de mazorca se encontraron efectos significativos en la población TU en las tres localidades, y en altura de mazorca de la población CO en dos localidades (Cuadro 2). Por presentar ACG positiva, las poblaciones TU y CO heredan a su progenie mayor altura de planta.

En la variable área de la hoja de la mazorca, los efectos significativos sólo se detectaron en la población TU en dos localidades; en otras poblaciones también la hubo pero en una sola localidad. En la variable número de hojas abajo de la mazorca la población OT presentó efectos positivos y significativos en dos localidades, lo que indica que en esta población tales hojas permanecieron verdes más tiempo después de la antesis, en comparación con las poblaciones en las que los efectos de ACG fueron significativamente negativos. En el número de hojas arriba de la mazorca, la población JA tuvo efectos negativos y significativos en dos localidades, por lo que se espera herede a su progenie un menor número de esas hojas.

En días a floración femenina, en las tres localidades se encontraron efectos significativos en las poblaciones TE, CO, VA, JA y TA; las poblaciones con efectos positivos y significativos produjeron progenies más tardías, mientras que en las poblaciones con efectos negativos la descendencia tuvo mayor precocidad (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los de Vasal *et al.* (1995) quienes identificaron materiales con estas mismas tendencias en El Batán y Toluca, respectivamente. En días a floración femenina, las poblaciones CO y TA presentaron efectos significativos en las tres localidades, y las poblaciones TE, OL, VA y JA presentaron efectos significativos en dos localidades. En días a floración masculina y femenina las poblaciones mostraron la misma tendencia ya que las poblaciones TE, CO, OL tuvieron signo positivo, y en las poblaciones VA, HO, JA y TA fueron negativos en las tres localidades, lo que no se observó en las otras variables evaluadas.

En rendimiento de mazorca se encontraron efectos significativos de ACG en la localidad de El Grullo en la po-

blación TU, con un valor de 456 kg ha⁻¹ (Cuadro 2). Además, esta población participó en cuatro cruza de alto rendimiento en esa localidad (Cuadro 3). En Tepalcingo, seis poblaciones presentaron efectos de ACG significativos, pero sólo fueron positivas en las poblaciones TE, CO y OL, con valores de 476, 580 y 562 kg ha⁻¹, respectivamente; estas tres poblaciones participaron en las siete cruza de mayor rendimiento en esta localidad. Estos resultados concuerdan con los de Martín del Campo y Molina (1982), Gómez *et al.* (1988) y Villanueva *et al.* (1994), en los que las cruza con mayor rendimiento tenían por lo menos un progenitor con alta ACG.

Sin embargo, los casos esporádicos de significancia y en una sola localidad indican que lo que generó esas expresiones fue la interacción de la ACG con los ambientes. El punto esencial estriba en que de los 240 casos (10 progenitores x 8 variables x 3 localidades) sólo 82 fueron significativos, lo que representa una proporción de 34 %, relativamente baja, que indica una reducción marcada de la variación de los efectos aditivos. Al observar las frecuencias de los casos significativos (Cuadro 2), se aprecia que las reducciones más drásticas en variación fueron en altura de planta, altura de mazorca, área de la hoja de la mazorca, número de hojas debajo y arriba de la mazorca, y en rendimiento de mazorca, reducciones que se pueden atribuir a que las poblaciones en estudio poseen 25 % de germoplasma de las variedades comerciales usadas como donadores.

Aptitud combinatoria específica (ACE)

Los valores de ACE no fueron consistentes entre localidades, ya que un mismo carácter presentó valores positivos en unos sitios y negativos en otros (Cuadros 4 a 7). Para altura de planta hubo efectos significativos positivos de ACE en la cruza TP x TE en dos de las tres localidades (Cuadro 4), y en 14 cruza hubo significancia en una de las tres localidades. Para altura de mazorca se encontraron efectos significativos en la cruza HO x TU, pero en una localidad fueron negativos y en otra positivos, lo que indica que hubo interacción con los ambientes de prueba. Otras 15 cruza fueron significativas en un sólo ambiente, 10 de signo negativo y 5 positivo.

La altura de planta de las poblaciones cruzadas fue muy similar a la de los testigos comerciales evaluados en sus respectivas localidades (Cuadro 8). Wellhausen (1951) y Márquez (1999) informaron de razas originales con alturas de planta superiores a las encontradas en esta investigación. Esta convergencia a un tipo de planta relativamente baja, puede ser consecuencia de la selección de plantas de porte bajo al hacer las cruza fraternales durante siete generaciones.

Cuadro 2. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) por localidad para ocho características agronómicas de 10 poblaciones RC1-F7 de maíz, evaluadas en El Grullo (G), Iguala (I) y Tepalcingo (T), en el ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

POB	ALP			ALMZ			AHM		
	G	I	T	G	I	T	G	I	T
OT	-0.015	0.018	0.011	0.031	0.018	0.034	4.6	-4.21	-9.5
TP	-0.018	0.010	0.006	-0.020	0.007	-0.019	10.4	13.38	33.4*
TE	-0.068*	-0.010	-0.026	-0.032	0.029	-0.015	8.6	28.19*	5.8
CO	0.013	0.015	-0.009	0.040*	0.021	0.055*	33.8*	-0.42	11.3
OL	-0.023	-0.032	0.015	0.024	-0.010	0.040	-10.4	-14.04	-30.9*
VA	0.049*	-0.028	0.084*	-0.015	-0.056*	-0.038*	-21.5*	-3.93	12.4
HO	0.003	-0.037	0.013	-0.028	-0.038	-0.031	-15.4	-17.62	-23.7*
JA	-0.001	0.001	-0.164*	-0.007	-0.003	-0.107*	-10.8	-5.74	-8.1
TU	0.048*	0.051*	0.100*	0.037*	0.059*	0.113*	15.7*	26.65*	10.0
TA	0.012	0.012	-0.031	-0.030	-0.027	-0.033	-15.1	-22.27*	-0.7

Continuación...

POB	NHABM			NHARM			NDFM		
	G	I	T	G	I	T	G	I	T
OT	0.330*	0.052	0.293*	0.010	0.247	0.007	0.078	-0.261	-0.300
TP	0.063	-0.037	-0.023	-0.079	0.124	-0.093	-0.228	-0.344	-0.467
TE	0.008	0.197*	-0.057	0.060	0.291*	0.207	0.939*	0.656*	1.117*
CO	-0.042	-0.059	0.210*	-0.012	0.136	0.023	1.994*	1.795*	1.867*
OL	0.074	0.102	0.260*	0.138*	-0.264	0.107	0.689*	0.933*	0.367
VA	-0.137	-0.092	-0.523*	0.004	-0.459*	0.023	-0.700*	-0.567*	-0.967*
HO	-0.248*	-0.037	-0.073	0.049	-0.076	0.140	-0.672*	-0.261	-0.883*
JA	-0.070	-0.198*	0.443*	-0.296*	-0.170	-0.427*	-1.311*	-1.094*	-1.217*
TU	0.163	0.091	0.043	0.082	-0.037	0.023	-0.144	0.239	1.533*
TA	-0.142	-0.020	-0.573*	0.043	0.208	-0.010	-0.644*	-1.094*	-1.050*

Continuación...

POB	NDFM			RMZ		
	G	I	T	G	I	T
OT	-0.050	-0.789*	0.033	-107.2	-86.8	-25
TP	0.006	-0.678*	-0.217	180.0	13.2	-107
TE	0.561*	0.600	1.200*	-190.1	120.5	476*
CO	2.144*	1.656*	1.200*	124.4	197.6	580*
OL	0.839*	1.044*	0.200	-182.7	-277.8	562*
VA	-0.800*	-0.539	-0.883*	-407.8	-253.1	-575*
HO	-0.328	-0.400	-0.133	-190.6	-97.2	-588*
JA	-1.328*	-0.511	-0.800*	-14.0	201.4	-462*
TU	-0.328	0.517	0.617	456.5*	42.7	342
TA	-0.717*	-0.900*	-1.217*	331.6	139.6	-204

* significativo a 0.05 de probabilidad; POB = Población; RMZ = Rendimiento de mazorca (kg ha^{-1}); ALP = Altura de planta (m); ALMZ = Altura de mazorca (m); AHM = Área foliar de la hoja de la mazorca (cm^2); NHABM = Número de hojas abajo de la mazorca; NHARM = Número de hojas arriba de la mazorca; NDFM = Número de días a floración masculina; NDFF = Número de días a floración femenina.

En área de hoja de la mazorca no se encontraron efectos significativos en más de una localidad en cruza alguna (Cuadro 7), mientras que en la variable número de hojas abajo de la mazorca hubo efectos significativos en dos localidades en la cruza TE x HO, y en la tercera localidad los efectos fueron positivos pero no significativos, lo cual sugiere que la cruza fue consistente. Asimismo hubo 10 cruzas que fueron significativas en la localidad de Tepalcingo. Con respecto al número de hojas arriba de la mazorca se encontraron efectos significativos en la cruza CO x TU en dos localidades, y otras dos cruzas tuvieron efectos significativos en una localidad (Cuadro 5).

En el número de días a floración masculina hubo efectos significativos en las cruzas TP x HO, TE x CO y CO x TU en dos localidades (Cuadro 6), y 10 cruzas fueron significativas en una de las tres localidades. En número de días a floración femenina las cruzas que tuvieron efectos significativos de signo negativo en dos localidades fueron:

OT x TE, OT x OL y TP x TE. En ambas floraciones, de un total de 90 casos, 38 fueron significativos (Cuadro 9), de los cuales 25 fueron negativos (65 %). Este resultado muestra que las variables fueron modificadas para reducir número de días a floración, de modo que las cruzas ganaron precocidad. Según Muñoz (2003), los días a floración femenina son importantes porque indican el inicio del periodo de llenado del grano y porque las variedades se pueden clasificar de acuerdo con su precocidad, así como para normar el criterio para su ensamble en los estratos ambientales de un nicho dado.

Los casos mencionados con significancia fueron más la excepción que la regla, ya que de 1080 valores consignados en los Cuadros 4 a 7 en relación con ACE, sólo 107 fueron significativos, que representan 9.9 %. Es decir, durante el proceso hubo una marcada reducción de la variación de los efectos no aditivos, más pronunciada que la observada en el caso de los efectos aditivos. Es posible que la

falta de efectos no aditivos se deba a que estos efectos no se evaluaron previamente entre las poblaciones donadoras, ya que al revisar los donadores tres de ellos provienen de una misma empresa, B-830, B-555 y B-840, y probablemente estén emparentados. Además, algunos donadores como V-531 y B-830 se repitieron en diferentes razas. Si a esto se le suma la selección para menor altura de planta y mazorca y tolerancia al acame, es muy probable que la selección haya sido dirigida hacia segregantes con mayor

porcentaje de germoplasma de los donadores, de tal forma que al recombinar las poblaciones hasta F₇ éstas contenían más de 25 % de la proporción teórica esperada. Por tanto, al cruzarlas no se expresó la heterosis esperada (efectos no aditivos). Esto es explicable si se considera que se hizo selección hacia menor altura de planta, pero es en la etapa de mazorca cuando puede distinguirse la variación racial de manera más efectiva.

Cuadro 3. Rendimiento de mazorca de cruas entre poblaciones RC₁-F₇ (esquina superior derecha), heterosis del rendimiento de mazorca respecto al progenitor superior (esquina inferior izquierda), progenitores (diagonal) y testigos (parte inferior) evaluadas en El Grullo (línea superior), Iguala (línea media), y Tepalcingo (línea inferior), en el ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

POB	OT	TP	TE	CO	OL	VA	HO	JA	TU	TA
OT	4934	5555	4699	6376	5083	5230	6148	5307	7694	5786
	6683	5283	6733	5642	5433	5996	6429	5942	6029	5238
	5040	6186	7506	5411	7853	6657	5302	7761	8348	6019
TP	12.6	4872	6178	6007	4635	6618	7463	6061	5266	7666
	-24.5*	6996	5621	7258	5413	6925	5533	5383	5983	5900
	-1.7	5766	7145	6753	5608	6427	5592	7235	6100	7560
TE	-4.8	26.8	4745	4814	5619	5193	6206	5873	6228	6451
	0.7	-19.7	6329	5517	6133	5575	5717	7142	6758	6725
	29.9	18.7	6186	8008	9533	6872	6369	5710	6991	6630
CO	25.8	18.5	-5.0	5070	6087	5035	6767	6554	6591	6155
	-15.6	3.8	-12.8	5842	5671	6867	7221	6863	6275	6508
	-26.9*	-31.6*	-6.4	7857	6331	6502	7491	5522	9718	6925
OL	3.0	-5.9	14.1	20.1	4926	5820	3824	5894	7470	6555
	-18.7	-22.6	-3.1	-2.9	5546	5813	6233	6054	6200	5758
	18.1	-34.8*	27.1*	-27.6	6650	6933	6930	6940	8191	6544
VA	6.0	35.8	9.4	-0.7	18.2	4605	5350	5615	4727	5339
	-10.3	-1.0	-11.9	17.5	4.8	4533	5717	6025	5979	6133
	20.8	-4.8	49.3*	-25.7*	4.2	4358	5494	6400	5073	5444
HO	24.6	53.2*	30.8	33.5	-22.4	16.2	4409	5218	4850	6101
	-3.8	-20.9	-9.7	23.6	12.4	6.9	5346	5213	6596	6617
	-25.0	-27.3	-9.9	-12.4	-5.3	0.8	5567	5579	5495	4978
JA	-13.9	-1.7	-4.7	6.3	-4.4	-8.9	-15.3	6164	4545	5470
	-11.1	-23.0*	12.8	8.1	-4.7	-5.1	-17.9	6350	7188	7042
	27.8	1.9	18.3	-42.6*	6.7	43.6*	2.4	4655	5543	5877
TU	6.2	-27.3	-14.0	-9.0	3.1	-34.7*	-33.0	-37.3*	7243	6656
	-9.8	-14.5	6.8	7.4	10.8	6.8	17.9	13.2	5596	5446
	17.5	15.2	15.2	-14.2	31.6*	-14.6	-9.4	-20.1	6472	7113
TA	6.8	41.6*	19.1	13.6	21.0	-1.4	12.7	-11.2	-8.1	5416
	-22.1	-15.7	0.1	-3.2	-14.3	-8.7	-1.6	4.8	-19.0	6721
	3.8	-4.4	32.9	-20.9	7.4	0.4	-31.5	-3.4	12.3	5939
Testigos										
	Jaguar	A-7524	P-3066	P-3028	HV-313	H-358	Celaya	Tablochi	Pepitilla	
	9761	8353	6331	8445	3665	7203	3060	2163	2850	
	6779	6779	7908	7283	6033	8079	5095	4120	1475	
	7983	6838	6658	9280	7273	7753	4301	4961	6337	

* Significativo a 0.05 de probabilidad; POB = Población; OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeño; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo.

Cuadro 4. Aptitud combinatoria específica de altura de planta (esquima superior derecha) y mazorca esquina inferior izquierda) de cruas entre diez poblaciones RC₁-F₇ de maíz evaluadas en El Grullo (hilera superior), Iguala (hilera media) y Tepalcingo (hilera inferior), en el ciclo agrícola otoño invierno 2001-2002.

POB	OT	TP	TE	CO	OL	VA	HO	JA	TU	TA
OT		-0.13*	-0.17	0.04	-0.01	0.02	0.01	-0.06	0.08	0.02
		0.01	-0.08	-0.09	-0.01	-0.13	0.01	0.01	0.09	-0.16
		-0.15	-0.04	0.18	-0.21	0.04	-0.30*	0.24*	-0.05	0.07
TP	0.02		0.21*	0.17*	-0.13	0.03	-0.01	-0.11	-0.08	0.11
	-0.04		0.01	0.01	0.03	0.03	0.10	0.00	-0.08	-0.04
	-0.12		0.24*	-0.21	-0.12	-0.01	-0.32*	0.20	0.09	-0.12
TE	-0.12*	0.11		-0.20*	0.17*	0.08	0.01	0.04	-0.002	0.07
	-0.03	0.03		-0.11	-0.05	-0.02	0.02	0.08	0.058	0.06
	-0.06	0.29*		0.17	-0.02	0.06	-0.29*	-0.19	0.064	0.22
CO	-0.05	0.01	-0.06		-0.01	-0.09	0.19*	0.06	-0.04	-0.05
	-0.14	0.02	-0.06		-0.15	0.11	0.01	0.01	0.09	0.00
	0.03	-0.20*	0.17		0.10	0.19	0.13	-0.40	-0.01	-0.37*
OL	-0.09	-0.09	0.04	0.03		0.05	-0.06	-0.08	0.27*	0.005
	-0.01	0.02	-0.05	-0.07		0.08	-0.07	0.09	0.003	-0.048
	-0.13	-0.28*	0.01	0.02		-0.03	-0.20	0.33*	-0.03	0.048
VA	0.01	0.04	-0.01	-0.05	0.19*		-0.01	-0.04	0.01	-0.08
	-0.15*	0.12	-0.12	0.12	0.11		-0.08	-0.16	-0.01	0.09
	0.03	0.08	0.01	0.13	0.05		0.40*	-0.15	-0.09	-0.09
HO	0.005	0.04	-0.03	0.15*	-0.08	-0.10		0.09	-0.18	-0.05
	0.09	-0.001	0.03	0.02	-0.10	-0.03		-0.02	0.23*	-0.03
	-0.27*	-0.24*	-0.20*	0.17	-0.01	0.10		0.10	0.06	0.09
JA	0.017	-0.095	0.06	0.085	-0.08	-0.023	0.109		-0.113	0.05
	0.016	0.004	0.07	-0.100	0.10	0.023	-0.071		-0.040	-0.05
	0.130	0.111	-0.05	-0.227*	0.254*	0.007	0.102		-0.004	-0.04
TU	0.10	-0.08	0.03	0.04	0.11	-0.001	-0.14*	-0.06		-0.05
	0.08	-0.12	-0.03	0.03	-0.00	-0.03	0.25*	0.03		-0.11
	0.06	0.13	0.02	-0.05	0.06	-0.29*	0.10	0.04		0.05
TA	0.01	-0.01	0.10	-0.03	0.001	0.006	0.03	0.01	-0.03	
	-0.11	-0.06	0.06	0.00	-0.04	0.06	-0.01	0.02	-0.04	
	0.03	-0.11	0.22*	-0.22*	0.02	0.003	-0.02	-0.10	0.01	

*Significativo a 0.05 de probabilidad; POB = Población; OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeño; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo.

Cuadro 5. Aptitud combinatoria específica de número de hojas abajo de la mazorca (esquina superior derecha) número de hojas arriba de la mazorca (esquina superior izquierda) de cruas en diez poblaciones RC₁-F₇ de maíz evaluadas en El Grullo (hilera superior), Iguala (hilera media) y Tepalcingo (hilera inferior), en el ciclo agrícola OI-01/02.

POB	OT	TP	TE	CO	OL	VA	HO	JA	TU	TA
OT		0.62	-0.65	0.06	-0.45	-0.64	0.39	0.08	0.05	0.22
		0.14	0.11	0.16	0.13	-0.13	0.01	0.17	0.08	0.26
		-1.22*	0.21	-1.05*	0.69	0.27	1.22*	-0.08	0.71	-0.47
TP	-0.03		0.19	-0.47	-0.79	0.02	0.93	0.62	-0.07	0.42
	-0.38		-0.23	-0.14	0.29	0.09	-0.03	0.06	-0.09	-0.38
	-0.12		0.36	-0.53	-0.19	-0.20	-0.25	0.42*	0.02	1.84
TE	-0.10	-0.02		0.31	-0.26	0.27	1.05*	-0.25	0.17	0.14
	0.44	-0.26		-0.04	-0.07	0.12	0.40	-0.10	0.13	-0.21
	0.17	-0.82		0.09	0.44	0.42	0.97*	-0.53	-0.93	-0.12
CO	0.03	-0.08	-0.21		0.44	-0.47	0.37	-0.67	0.56	-0.60
	-0.79	0.32	-0.97		0.18	-0.15	-0.14	-0.05	0.12	-0.09
	-0.84	-0.34	-0.04		-0.42	-0.83	0.31	0.79	0.99	-0.18
OL	0.01	-0.03	0.09	0.10		0.41	-0.67	-0.12	0.91*	0.14
	0.002	0.59	-0.44	-0.48		-0.05	-0.23	-0.01	-0.16	-0.38
	-0.12	0.17	0.67	0.25		-0.28	0.06	-1.25*	-0.45	-0.03
VA	0.14	-0.23	0.29	-0.36*	0.22		0.19	0.62	-0.27	0.49
	-0.60	0.78	-0.11	-0.15	0.17		-0.04	0.25	-0.37	0.13
	-0.64	0.05	0.35	-0.25	-0.14		-0.55	1.12*	-0.27	0.14
HO	0.17	0.12	-0.08	0.32	-0.02	-0.02		-0.33	-1.10*	-0.66
	0.08	-0.19	0.23	0.52	-0.20	1.05*		-0.20	0.23	0.08
	0.84	-0.45	-0.55	0.22	-0.25	0.22		-1.52*	-0.12	0.69
JA	0.11	-0.13	0.33	0.13	-0.21	-0.08	-0.25		-0.47	-0.30
	-0.22	-0.03	0.13	0.41	-0.31	-0.45	-0.90		0.20	0.17
	0.80	0.10	0.20	-0.40	0.50	-0.20	-0.12		0.16	-1.42*
TU	0.20	-0.17	-0.11	0.36*	0.01	-0.32	-0.10	0.31		-0.07
	-0.62	-0.43	-0.27	1.22*	0.75	-0.52	0.63	0.39		0.16
	0.15	-0.34	-0.04	0.34	0.26	0.14	-0.17	-0.01		-0.42
TA	0.11	0.06	0.12	-0.13	-0.22	0.05	0.004	-0.25	0.10	
	-0.07	0.25	-0.11	0.64	-0.29	-0.23	0.25	0.88	-0.85	
	-0.61	-0.11	-0.21	0.77	-0.51	0.17	-0.34	0.62	-0.22	

*Significativo a 0.05 de probabilidad; POB = población; OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeño; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo.

Cuadro 6. Aptitud combinatoria específica del número de días a floración masculina (esquina superior derecha) y femenina (esquina inferior izquierda) de cruza entre diez poblaciones RC1-F7 de maíz evaluadas en El Grullo (hilera superior), Iguala (hilera media) y Tepalcingo (hilera inferior), en el ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

PROG	OT	TP	TE	CO	OL	VA	HO	JA	TU	TA
OT		0.35	-0.14	-2.19*	-1.22	-0.83	-0.19	-0.22	0.94	-0.56
		1.10	-0.89	-0.69	-0.50	1.99*	-1.30	-0.80	-0.14	0.52
		-1.92	-2.50	-2.25	-2.75	-0.42	2.49	-1.17	6.07*	-1.34
TP	0.56		-1.00	-0.23	1.74	-0.86	-1.89*	0.07	0.57	-0.58
	1.36		-1.81	-1.28	-1.08	0.08	0.44	0.94	-0.05	-0.39
	-2.8*		-5.92	-2.09	-0.59	-0.25	-2.34*	1.99	0.24	0.82
TE	-0.65	-0.93		1.94*	-0.09	-1.36	-0.06	-1.09	-3.59*	-0.42
	-2.24*	-2.97*		3.38*	2.24*	0.08	-1.89*	-1.06	-1.72	-1.05
	-2.19*	-3.36*		1.32	0.82	0.16	-0.92	-0.59	-1.34	-0.75
CO	-3.2*	0.70	1.48		-1.14	0.24	-1.11	-0.81	-1.31	0.85
	-0.30	-1.74	2.31*		0.44	-1.39	-1.03	-0.53	-1.86*	-0.19
	-2.19	-0.94	0.63		0.07	-1.59	0.32	0.66	-2.09*	0.49
OL	-1.93*	2.67*	0.12	-0.46		-0.78	0.52	0.83	-0.67	-0.84
	-1.02	-2.13	1.58	1.53		-1.53	0.16	-0.67	0.99	-1.33
	-3.19*	-0.94	-1.36	-0.36		0.90	-1.17	1.16	-0.59	-3.01*
VA	-1.29	-1.01	-0.24	0.51	-0.18		0.24	-0.45	0.72	1.28
	0.89	-0.55	1.83	-2.22*	-0.61		-0.002	0.16	1.49	1.16
	-0.11	2.13	-0.28	-1.28	-0.28		-0.84	-0.51	-3.26*	3.32*
HO	-0.76	-2.49*	-1.38	-1.29	1.34	-1.02		0.52	1.02	-0.81
	-0.58	0.31	-1.63	-1.36	0.25	-0.16		0.52	-1.14	0.19
	1.13	-1.61	-0.03	-0.03	0.97	0.05		0.41	1.66	-1.76
JA	-0.10	-0.49	-0.38*	-1.63	0.01	-0.68	0.51		1.66*	1.16
	-1.80	1.42	-0.52	-0.24	-1.30	-0.05	1.14		0.02	-0.64
	0.80	0.05	-0.36	-0.36	0.63	-1.28	-1.03		-1.01	-0.42
TU	1.23	1.51	-3.38	-0.96	-0.99	-0.02	2.17*	1.17		-1.01
	-0.16	0.72	-1.22	-1.94	1.00	0.58	-1.88	1.22		-0.31
	6.38*	0.63	-1.78	0.22	-1.78	-3.69*	-0.44	-3.78*		-0.17
TA	0.29	-1.43	0.01	1.09	-1.60	1.70	-1.43	1.23	-1.10	
	1.58	0.47	-0.47	-0.52	-0.24	0.33	-0.80	-1.02	1.28	
	-1.78	0.46	0.05	-2.94*	-2.94*	3.13*	-1.61	2.05	0.63	

* Significativo a 0.05 de probabilidad; POB = Población; OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeno; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo.

Cuadro 7. Aptitud combinatoria específica del área foliar de la hoja de la mazorca (esquina superior derecha) y rendimiento de mazorca (kg ha^{-1}) (esquina inferior izquierda), de cruza entre 10 poblaciones RC₁-F₇ de maíz evaluadas en El Grullo (hilera superior), Iguala (hilera media) y Tepalcingo (hilera inferior), en el ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

POB	OT	TP	TE	CO	OL	VA	HO	JA	TU	TA
OT		-8.1	-18.5	4.5	4.8	31.8	-4.8	30.6	30.7	-52.4
		27.4	-8.1	-36.8	-21.2	-9.7	24.6	-48.6	23.8	-41.4
		-77.7	79.5	-30.4	-21.8	78.1	-113.6*	-32.8	50.3	-46.1
TP	-248		24.9	-0.4	-31.4	-0.4	42.0	-25.3	-44.4	22.3
	-746		-12.0	5.6	-34.0	16.6	-22.3	94.8	-34.2	-20.2
	-175		29.3	-73.7	51.8	7.5	-111.3*	-50.5	1.2	37.2
TE	-734	458		-14.3	40.5	-16.8	-10.9	17.1	13.5	17.4
	597	-616		18.6	24.0	6.4	20.9	4.4	-19.7	-27.7
	562	-301		1.4	7.0	3.4	12.2	14.5	-39.5	30.0
CO	629	-28	-850		-34.9	25.2	23.9	-17.4	-1.4	-14.5
	-572	945	-904		-7.6	49.8	-22.2	-23.9	-8.5	-11.5
	-1637*	-213	459		-12.6	35.0	39.7	-0.8	-12.2	-46.7
OL	-358	-1092	261	415		44.5	-20.8	-18.6	16.9	-10.3
	-305	-426	188	-352		-4.5	-61.2	0.1	3.3	12.8
	823	-1340	2002*	-1304		-52.1	-69.0	69.9	-22.9	-10.5
VA	15	1115	61	-411	681		-37.9	1.5	1.6	4.1
	233	1062	-395	819	240		19.2	5.9	-13.1	32.1
	764	616	478	5	453		2.2	11.2	20.7	25.6
HO	716	1743*	856	1103	-1533*	219		-43.1	-42.5	46.1*
	510	-486	-410	1018	505	-36		-32.5	45.9	12.1
	-578	-206	-12	1007	463	164		3.5	159.0*	-18.2
JA	-302	165	346	713	360	307	-307		8.3	24.8
	-276	-934	717	361	27	-26	-995		31.2	6.0
	1754*	1311	-797	-1089	347	945	136		-26.2	-21.9
TU	1614*	-1101	231	280	1466*	-1052	-1147	-1628*		22.9
	-30	-176	492	-68	332	87	547	840		25.4
	1538*	-627	-319	2305*	794	-1186	-751	-830		-35.4
TA	-169	1424*	580	-32	676	-315	230	-577	138	
	-918	-356	362	68	-206	144	471	598	-839	
	-244	1378*	-135	57	-306	-270	-723	50	483	

* Significativo a 0.05 de probabilidad; POB = Población; OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeño; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo.

Cuadro 8. Alturas de planta (m) de poblaciones RC₁-F₇, cuantificadas en El Grullo, Iguala y Tepalcingo. Ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

POB	Localidades		
	El Grullo	Iguala	Tepalcingo
OL	1.96	2.77	2.41
TP	1.86	2.77	2.51
CO	1.89	2.64	2.38
OL	1.75	2.56	2.38
VA	2.01	2.54	2.29
HO	1.91	2.4	2.46
TU	2.04	2.54	2.44
TE	1.68	2.57	2.14
JA	1.98	2.59	1.90
TA	1.91	2.73	2.28
Testigos			
Jaguar	1.88	2.23	2.34
A-7524	1.91	2.32	2.32
P-3066	1.94	2.54	1.82
P-3028	1.90	2.31	2.29
HV-313	1.64	2.25	2.04
H-358	1.91	2.55	2.02

POB (población); Olotillo (OT); Tepecintle (TP); Tehua (TE); Comiteco (CO); Olotón (OL); Vandeño (VA); Harinoso de 8 (HO); Jala (JA); Tuxpeño (TU); Tabloncillo (TA).

Cuadro 9. Variables y sus frecuencias en cruzas con efectos de ACE significativos positivos y negativos, de un total de 1080.

Variables	Frecuencias de cruzas		
	Positivos	Negativos	Total
ALP	10	8	18
ALMZ	7	11	18
AHM	2	3	5
NHABM	6	6	12
NHARM	3	2	5
NDFM	8	10	18
NDFP	5	15	20
RMZ	8	3	11
Total	49	58	107

ALP = Altura de planta; ALMZ = Altura de mazorca; AHM = Área foliar de la hoja de la mazorca; NHABM = Número de hojas debajo de la mazorca; NHARM = Número de hojas arriba de la mazorca; NDFM = Número de días a floración masculina; NDFP = Número de días a floración femenina; RMZ = Rendimiento de mazorca.

Con relación al rendimiento de mazorca, todas las cruas fueron estadísticamente iguales entre sí, excepto VA x TU, HO x JA, OL x HO y TP x OL, e iguales a la mayoría de los progenitores (Cuadro 10). Este resultado, más lo expuesto en los párrafos anteriores, confirma que en el proceso hubo una marcada uniformización y convergencia hacia el tipo comercial. Dada la baja proporción de la variación en ambas aptitudes combinatorias se recomienda restituir la diversidad de ambos tipos de efectos.

El comportamiento anterior no invalida la teoría de Márquez (1990), sino que desde el punto de vista operativo en esta primera etapa se logró reducir la altura de planta y aumentar la precocidad, pero no se conservaron los caracteres raciales. Una posibilidad futura sería incorporar la autofecundación temprana (en vez de cruas fraternales), como lo hicieron Aguado *et al.* (1965) en la década de los 50's al usar la retrocrua limitada en el mejoramiento convergente de líneas, así como hacer selección en etapa

Cuadro 10. Medias del RMZ de 10 poblaciones RC₁-F₇ de maíz evaluadas en El Grullo, Iguala y Tepalcingo. Ciclo agrícola otoño-invierno 2001-2002.

Genotipos	RMZ
Pantera	6.686 a
P-3028	6.452 a b
A-7524	6.041 a b c
H-358	5.964 a b c
OL x TU	5.686 a b c d
CO x HO	5.671 a b c d
OT x TU	5.593 a b c d
TE x TA	5.379 a b c d e
TP x TA	5.338 a b c d e
TP x VA	5.327 a b c d e
TE x TO	5.323 a b c d e
P-3066	5.279 a b c d e
CO x TU	5.269 a b c d e
TA x CO	5.232 a b c d e
CO x JA	5.174 a b c d e
TU	5.158 a b c d e
CO x TA	5.133 a b c d e
TE x JA	5.070 a b c d e
OL x TA	5.037 a b c d e
TU x TA	4.999 a b c d e
TE x OL	4.995 a b c d e
TP x HO	4.978 a b c d e
JA x TA	4.915 a b c d e
OL x JA	4.907 a b c d e
TP x TE	4.899 a b c d e
OT x CO	4.851 a b c d e
HO x TA	4.826 a b c d e f
CO x VA	4.823 a b c d e f
OT x HO	4.822 a b c d e f
TA	4.809 a b c d e f
TP	4.787 a b c d e f
OL x VA	4.781 a b c d e f
CO x OL	4.754 a b c d e f
CO	4.741 a b c d e f
TP x TU	4.728 a b c d e f
VA x JA	4.722 a b c d e f
OT x TE	4.719 a b c d e f
TE x HO	4.699 a b c d e f
JA	4.677 a b c d e f
TP x JA	4.656 a b c d e f
OT x JA	4.642 a b c d e f
JA x TU	4.626 a b c d e f
HO x TU	4.609 a b c d e f
OT	4.598 a b c d e f
OT x VA	4.591 a b c d e f
VA x TA	4.583 a b c d e f
OT x OL	4.502 a b c d e f
VA x HO	4.478 a b c d e f
TE x CO	4.477 a b c d e f
TE x VA	4.459 a b c d e f
OT x TA	4.452 a b c d e f
OT x TP	4.423 a b c d e f
OL	4.350 b c d e f
VA x TU	4.316 b c d e f
TE	4.311 b c d e f
HO x JA	4.272 b c d e f
HV-313	4.232 b c d e f
OL x HO	4.168 c d e f
HO	4.024 c d e f
TP x OL	3.940 c d e f g
VA	3.643 c d e f g
CE	3.243 e f g
TA	2.554 f g
PE	1.844 g
DHS 0.05	2.27

OT = Olotillo; TP = Tepecintle; TE = Tehua; CO = Comiteco; OL = Olotón; VA = Vandeño; HO = Harinoso de 8; JA = Jala; TU = Tuxpeño; TA = Tabloncillo; CE = Celaya; PE = Pepitilla. Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente. (Tukey, 0.05); DHS = Diferencia significativa honesta, con $\alpha=0.05$.

vegetativa por arquitectura, y al final del ciclo en etapa de mazorca seleccionar las líneas que se acerquen al tipo racial deseado. Otra posibilidad es que mediante autofecundación y selección en las propias poblaciones raciales, se elija la mejor arquitectura, lo que tiene la ventaja de evitar caracteres indeseables de las variedades comerciales, conforme a las indicaciones de Muñoz *et al.* (2003) en cuanto a los patrones varietales.

CONCLUSIONES

Durante las siete generaciones del proceso de obtención de las poblaciones, se logró que tuvieran una altura de planta similar a la de los híbridos comerciales, y que se incrementara su precocidad, pero no se logró preservar la variación de los tipos raciales.

Se redujo notablemente la variabilidad de la ACG, y de manera más marcada también de la ACE, efecto que es atribuible a la convergencia hacia el tipo comercial, por la selección ejercida hacia plantas de porte bajo, y por la dificultad de tener acción sobre el tipo racial, el cual es distinguible de manera efectiva hasta la etapa de mazorca.

El rendimiento de las 10 poblaciones retrocruzadas resulto muy similar al de las variedades comerciales usadas como progenitores. Para mantener las características raciales de mazorca se sugiere adoptar la autofecundación temprana en vez de hacer cruzamientos fraternales, o bien mediante autofecundación fijar la arquitectura deseada dentro de las razas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Dres. Noel O. Gómez Montiel y Luis Sahagún Castellanos, así como al personal de campo del Programa de Maíz del Campo Experimental de Iguala, por su colaboración en los trabajos de campo y toma de datos en esta investigación. Asimismo, a la extinta Productora Nacional de Semillas por el apoyo brindado en el experimento establecido en su campo de Tepalcingo, Mor. De la misma manera un especial agradecimiento a los Dres. Aquiles Carballo Carballo, Fernando Castillo y Apolinar Mejía, por su orientación en el análisis de datos y sugerencias en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguado T A, G Palacios R, A Muñoz O (1965) Mejoramiento convergente utilizado en la obtención de líneas superiores para los híbridos de la Mesa Central. *Agric. Téc. Méx.* 6:253-255.
- Crossa J, C O Gardner (1987) Introgression of an exotic germoplasm for improving an adapted maize population. *Crop Sci.* 27:187-190.
- Crossa J, S Taba, E J Wellhausen (1990) Heterotic patterns among mexican races of Mexico. *Crop Sci.* 30:1182-1190.
- Covarrubias C R (1960) Cruzas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento del maíz en Latinoamérica. 6a Reunión Centroamericana del PCCMCA. pp:11-13.
- Gómez M N, R Valdivia B, H Mejía A (1988) Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Rev. Fitotec. Mex.* 11:103-120.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austral. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Márquez S F (1990) Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterosis. *Maydica* 35:17-22.
- Márquez S F, J A Carrera V, E Barrera G, L Sahagún C (1999) Influencia del ambiente de selección en el mejoramiento de razas de maíz por retrocruza limitada. *Rev. Fitotec. Mex.* 22:1-15.
- Martín del Campo V S, J D Molina G (1982) Aptitud combinatoria, heterosis y estabilidad en tres grupos de poblaciones de maíz en el norte-centro de México. *Agrociencia* 47:103-116.
- Michellini A L, A R Hallauer (1993) Evaluation of exotic and adapted maize (*Zea mays* L.) germplasm crosses. *Maydica* 38:275-282.
- Muñoz O A, A Santacruz V, P A López, H López S, A Gil M, J Legaria S, J de D Guerrero R, H Hernández S, E Ortiz T, J I Olvera H, J Romero P, N Gómez M, G Pérez J, A Mejía C, R Gabino G (2003) Diversidad de ambientes de tipos de mazorca y de otros atributos a nivel de nicho. *In: Centli Maíz. A Muñoz O (ed). Departamento de Difusión, Colegio de Postgraduados.* pp:35-94.
- Muñoz O A (2003) Descifrando la diversidad de maíz de los nichos ecológicos de México. *In: Centli Maíz. A Muñoz O (ed). Departamento de Difusión, Colegio de Postgraduados.* pp:133-143.
- Sánchez M R, J D Molina G, E Casas D (1973) Efectos de dosis de germoplasma exótico y de citoplasma tropical sobre el rendimiento de cruzas tropicales X mesa central en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 11:151-179.
- Sprague G F, L A Tatum (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Vasal S K, G Srinivasan, N Vergara A, F González C (1995) Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma de maíz de valles altos. *Rev. Fitotec. Mex.* 18:123-139.
- Villanueva V C, F Castillo G, J D Molina G (1994) Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: análisis de progenitores y cruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 17:175-185.
- Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X En colab. con P C Mangelsdorf (1951) Razas de maíz en México. Su Origen, Características y Distribución. SAG, OEE. Folleto Técnico 5 México. 237 p.